(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 583 334**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **85 09055**

(51) Int Cl⁴ : B 29 C 41/02, 41/52, 71/04; G 05 B 15/00 // B 29 K 33:00; B 29 L 31:06.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 14 juin 1985.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 51 du 19 décembre 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES LASERS CILAS ALCATEL, Société Anonyme.* — FR.

(72) Inventeur(s) : Jean-Claude André, Michel Bouchy, Miguel Cabrera, Alain Le Méhauté et Olivier de Witte.

(73) Titulaire(s) :

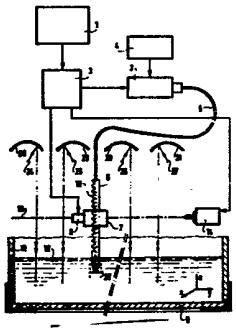
(74) Mandataire(s) : Christian Lheureux, SOSPI.

(54) Procédé et dispositif pour réaliser un modèle de pièce industrielle.

(57) Le procédé comporte un dépôt d'un premier liquide à travers un injecteur 6 dans une cuve 11 contenant un deuxième liquide 12, un déplacement de l'injecteur 6 pendant le dépôt suivant un balayage et une solidification du premier liquide après sa sortie de l'injecteur 6.

Le dispositif comporte un système de mémoires 1 relié par un circuit de traitement 3 à une pompe 2 dont l'entrée est reliée à un réservoir 4 du premier liquide et dont la sortie est reliée à un injecteur 6, une cuve 11 remplie d'un deuxième liquide 12 pour recevoir le premier liquide injecté, des moyens 14 de déplacement de l'injecteur 6 et des moyens 24 à 31 de solidification par illumination de la cuve 11 par un rayonnement.

Application à la réalisation d'un modèle de bielle.



FR 2 583 334 - A1

Procédé et dispositif pour réaliser un modèle de pièce industrielle

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour réaliser un modèle de pièce industrielle.

Il peut être utile de disposer de quelques modèles d'une pièce industrielle, par exemple d'une pièce mécanique, avant de lancer une fabrication en série d'une telle pièce.

Ces modèles peuvent être en général réalisés en un matériau différent de celui de la pièce définitive. Ils peuvent servir à réaliser des essais préliminaires tels que des études hydrodynamiques ou en soufflerie. Ils peuvent être nécessaires aussi pour effectuer des études commerciales de marché. Ils peuvent être utiles pour réaliser des moules de fabrication et des modèles de pièces déformés pour l'holographie.

Or, on sait que l'étude et la mise au point de nouvelles pièces industrielles sont actuellement facilitées et accélérées par l'emploi de la méthode dite de "conception assistée par ordinateur" (C.A.O.). Lorsqu'on utilise cette méthode, la forme de la pièce est déterminée à l'aide d'un ordinateur, de sorte que les données chiffrées définissant la forme de la pièce sont disponibles dans les mémoires de sortie de cet ordinateur.

Pour réaliser actuellement des modèles de telles pièces, il est nécessaire d'abord de faire effectuer des plans cotés au bureau d'étude à partir de ces données chiffrées, puis de réaliser des maquettes dans un atelier mécanique, de façon artisanale. Cette méthode de réalisation de modèles présente l'inconvénient d'être longue et coûteuse.

La présente invention a pour but de réaliser un dispositif pour fabriquer rapidement et à un moindre coût des modèles de pièces industrielles à partir de données chiffrées définissant la forme de ces pièces.

La présente invention a pour objet un procédé pour réaliser un modèle de pièce industrielle, caractérisé en ce qu'il comporte

- un dépôt à travers un injecteur d'un premier liquide dans une cuve contenant un deuxième liquide,
- un déplacement de l'injecteur pendant le dépôt suivant un balayage s'effectuant par plans horizontaux superposés à partir du fond de la cuve

- et une solidification du premier liquide après sa sortie de l'injecteur, le débit du premier liquide à travers l'injecteur étant synchronisé avec le déplacement de l'injecteur pour que le premier liquide solidifié forme, à la fin du balayage, ledit modèle de forme identique à celle de la pièce industrielle.

Selon un premier mode de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, la solidification est obtenue grâce à une illumination par un rayonnement optique. Dans ce cas, le deuxième liquide peut être formé par une résine monomère, le premier liquide étant formé par un amorceur photochimique apte à provoquer la solidification par illumination ; dans une variante, cet amorceur est dilué dans un peu de résine monomère ; dans une autre variante le deuxième liquide est formé par un milieu neutre, le premier liquide étant formé par un mélange d'une résine monomère et d'un amorceur apte à accélérer la solidification par illumination.

Selon un deuxième mode de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, la solidification est réalisée en mélangeant un produit d'amorçage thermique à une résine monomère pour former le premier liquide, le deuxième liquide étant formé par un milieu neutre, le mélange ayant lieu avant le passage du premier liquide à travers l'injecteur de manière que le premier liquide ne soit solidifié qu'après sa sortie de l'injecteur.

Avantageusement le premier liquide comporte un additif pour que sa densité soit sensiblement égale à celle du deuxième liquide.

La présente invention a aussi pour objet un dispositif pour réaliser un modèle de pièce industrielle, caractérisé en ce qu'il comporte

- un système de mémoires contenant des informations représentatives de la forme de la pièce industrielle divisée en une pluralité de volumes élementaires,
- un circuit de traitement relié au système de mémoires et capable, à partir de ces informations, de délivrer successivement des signaux représentatifs de la position de ces volumes élémentaires rangés suivant un premier balayage du volume de la pièce,
- un réservoir contenant un premier liquide
- une pompe électrique dont l'entrée est reliée au réservoir et dont la commande électrique est reliée au circuit de traitement, cette pompe

étant capable de délivrer à sa sortie des volumes du premier liquide représentatifs desdits volumes élémentaires lorsque le circuit de traitement délivre lesdits signaux,

- un injecteur relié à la sortie de la pompe par une canalisation souple,
- une cuve à fond horizontal contenant un deuxième liquide,
- des moyens, reliés audit circuit de traitement, pour déplacer l'injecteur dans la cuve en réponse auxdits signaux, suivant un deuxième balayage identique au premier balayage et s'effectuant à partir du fond horizontal de la cuve par plans horizontaux superposés
- et des moyens pour solidifier le premier liquide après sa sortie de l'injecteur, de façon à former sur le fond de la cuve successivement des volumes élémentaires solidifiés d'un modèle ayant la même forme que la pièce industrielle.

Dans ce dispositif, les moyens pour solidifier le premier liquide après sa sortie de l'injecteur peuvent comporter une pluralité de générateurs optiques et des réflecteurs pour diriger le rayonnement de ces générateurs optiques vers la cuve. Dans ce cas, l'injecteur comporte un écran pour empêcher le rayonnement des générateurs optiques d'illuminer la sortie immédiate de l'injecteur.

Les moyens pour solidifier le premier liquide après sa sortie de l'injecteur peuvent aussi comporter un réservoir auxiliaire d'un produit d'amorçage thermique relié à un organe mélangeur disposé en série sur la canalisation reliant la pompe à l'injecteur.

Avantageusement ce dispositif peut comporter des moyens pour maintenir la cuve à une température prédéterminée.

Des formes particulières d'exécution de l'objet de la présente invention sont décrites ci-dessous, à titre d'exemple, en référence aux dessins annexés dans lesquels

- la figure 1 représente, de façon schématique, un premier mode de réalisation du dispositif selon l'invention, utilisant un procédé photochimique pour réaliser la solidification du liquide après sa sortie de l'injecteur,
- la figure 2 est une vue dans l'espace d'une partie du dispositif illustré par la figure 1
- et la figure 3 représente, de façon schématique, un deuxième mode de

réalisation du dispositif selon l'invention, mettant en oeuvre un procédé de polymérisation thermique pour solidifier le liquide après sa sortie de l'injecteur.

Sur la figure 1 est représenté un système de mémoires 1 disposé à la sortie d'un ordinateur non représenté qui a été utilisé pour déterminer, par la méthode C.A.O., les caractéristiques d'une pièce industrielle. Une pompe électrique 2 est reliée à la sortie du système 1 à travers un circuit de traitement 3. L'entrée de la pompe 2 est reliée à un réservoir 4 contenant un liquide.

Un injecteur rigide 6, de forme tubulaire, est en communication avec la sortie de la pompe 2 par une canalisation souple 5. L'injecteur 6 est disposé à l'intérieur d'un manchon 7 de façon à pouvoir coulisser verticalement dans ce manchon à l'aide d'une crémaillère 10 accouplée à un moteur 8 connecté électriquement à la sortie du circuit de traitement 3. L'extrémité de sortie de l'injecteur 6 est placée au dessus du fond horizontal 9 d'une cuve 11 dans laquelle on se propose de former un modèle de pièce industrielle, la cuve 11 étant remplie d'un autre liquide 12.

Le dispositif comporte en outre des moyens de déplacement du manchon 7 dans un plan 13 disposé parallèlement au dessus du fond 9 de la cuve 11. Ces moyens comprennent des moteurs électriques tels que 14 connectés à la sortie du circuit de traitement 3.

Un système d'illumination du liquide contenu dans la cuve 11 comprend des sources lumineuses 24, 25, 26, 27 dont la lumière éclaire l'intérieur de la cuve 11 après renvoi par des réflecteurs 28, 29, 30 et 31.

La figure 2 permet de mieux se rendre compte comment peuvent être réalisés les moyens de déplacement du manchon 7. Deux moteurs électriques 14 et 15, respectivement solidaires de deux rails 16 et 17, sont fixés à la partie supérieure de la cuve 11. Deux vis sans fin sont accouplées en bout d'arbre des deux moteurs 14 et 15 et entrainent deux pignons dentés dont les axes sont fixés sur deux chariots mobiles 18 et 19 coulissant le long des rails 16 et 17. Un troisième rail 20 est fixé transversalement sur les chariots 18 et 19. Un moteur 21 fixé à l'extrémité du rail 20 entraîne, par l'intermédiaire d'une autre vis sans fin et

d'un autre pignon denté, un chariot 22 coulissant le long du rail 20. Le manchon 7 et le moteur 8 sont fixés sur le chariot 22.

Le dispositif illustré par les figures 1 et 2 fonctionne de la manière suivante.

Le liquide contenu dans la cuve 11 est formé par une résine monomère, tandis que le réservoir 4 contient un amorceur apte à provoquer la solidification de la résine par illumination.

Les mémoires du système 1 contiennent des informations par exemple digitales, représentatives de la forme de la pièce, telle qu'une bielle, dont on se propose de réaliser un modèle 36. Les caractéristiques de cette pièce ont été déterminées à l'aide de l'ordinateur suivant la méthode C.A.O. Le volume de la pièce est divisé en un certain nombre d'éléments et les informations contenues dans les mémoires déterminent la position des différents éléments de la pièce par rapport à un système de référence tel qu'un système d'axes trirectangles. Le circuit de traitement 3 permet de classer ces informations dans l'ordre du balayage du volume de la pièce et de délivrer des signaux de positionnement correspondants. Ces signaux sont transmis aux moteurs 14 et 15 qui fonctionnent en synchronisme, de façon à maintenir le rail 20 perpendiculaire aux rails 16 et 17 et à régler dans le plan 13 la position longitudinale du manchon 7 par rapport au fond 9 de la cuve 11. Ces signaux sont également transmis d'une part au moteur 21 qui permet de régler la position transversale du manchon 7 et d'autre part au moteur 8 qui permet de régler la position verticale de l'injecteur. Chaque fois que le circuit de traitement 3 délivre un signal, les moteurs 7, 14, 15 et 21 dirigent l'extrémité 23 de l'injecteur 6 au voisinage d'une portion du modèle 36 à réaliser, suivant un balayage identique à celui des éléments du volume de la pièce. Ces portions sont ainsi disposées entre elles de manière identique à celle du volume de la pièce.

La pompe 2, commandée par le circuit de traitement 3, délivre, en fonction des caractéristiques de la pièce à reproduire, des volumes du liquide contenu dans le réservoir 4, représentatifs des éléments de la pièce, lorsque le circuit 3 délivre les signaux de positionnement. Le liquide délivré par la pompe 2 est déposé dans la cuve 11 à la sortie de l'injecteur 6 dont le déplacement est synchronisé avec le débit de la

pompe.

Pendant toute la durée du dépôt du liquide dans la cuve, la lumière des sources lumineuses 24 à 27 éclaire l'intérieur de la cuve 11 après réflexion sur les miroirs 28 à 31. Cette lumière provoque la solidification par polymérisation de toute zone contenant à la fois de la résine monomère et de l'amorceur, cette zone étant constituée par un petit volume de la cuve situé un peu au-delà de l'extrémité 23 de l'injecteur. Pour éviter la polymérisation du liquide juste à la sortie de l'injecteur, un écran 32 est disposé à l'extrémité de l'injecteur, ce qui permet d'éviter son bouchage. Une distance de l'ordre du millimètre entre l'extrémité de l'injecteur et le volume solidifié est suffisante pour permettre la protection de l'injecteur.

Bien entendu, le début du balayage réalisé par l'extrémité 23 de l'injecteur doit impérativement s'effectuer suivant le fond horizontal 9 de la cuve 11, de façon à former d'abord une base stable du modèle à réaliser. Le balayage se poursuit ensuite de proche en proche, par plans horizontaux superposés, de façon à solidifier successivement tous les volumes élémentaires du modèle. Celui-ci a ainsi une forme identique à celle de la pièce.

Dans une variante du procédé décrit ci-dessus, l'amorceur contenu dans le réservoir 4 est dilué dans un peu de résine monomère, la cuve 11 contenant toujours de la résine monomère.

Dans une autre variante du procédé décrit ci-dessus, le liquide contenu dans la cuve est un milieu neutre, le réservoir 4 contenant un mélange de la résine monomère et de l'amorceur.

Dans tous les cas, la solidification s'effectue par illumination par la lumière des sources lumineuses 24 à 27. Mais lorsque le liquide injecté dans la cuve est suffisamment visqueux, il est possible de ne déclencher l'illumination que lorsque tout le liquide nécessaire à la formation du modèle est injecté dans la cuve, le modèle mou ainsi obtenu n'étant solidifié que lorsqu'il est complètement formé. Dans ce cas, la présence de l'écran 32 n'est pas obligatoire.

Avantageusement le dispositif est monté sur un support rigide et stable, et la cuve comporte des moyens pour régler la température du liquide qu'elle contient à une valeur fixe prédéterminée, de façon à

maintenir le liquide parfaitement immobile et éviter les phénomènes de convexion thermique qui pourraient provoquer un mélange intempestif du liquide injecté avec le liquide de la cuve en dehors des zones de solidification. Pour éviter tout brassage du liquide de la cuve lié au déplacement de l'injecteur, la vitesse de ce déplacement est limitée de façon que l'écoulement du liquide par rapport à l'injecteur s'effectue en régime laminaire. Enfin des additifs neutres peuvent être ajoutés au liquide contenu dans le réservoir pour que la densité de ce liquide soit aussi proche que possible de celle du liquide contenu dans la cuve.

Les liquides monomères qui peuvent être utilisés dans le dispositif selon la présente invention peuvent être classés en deux catégories principales : les monomères unifonctionnels et les monomères polyfonctionnels. Les monomères unifonctionnels se polymérisent par réaction en chaîne droite sous l'effet du rayonnement, tandis que les monomères polyfonctionnels se polymérisent par réaction avec branchement ou par réticulation. Avec un monomère polyfonctinnel, plus l'intensité du rayonnement est importante, plus la dureté du matériau solidifié est élevée. A titre indicatif, on peut utiliser une résine acrylique styrène comme monomère unifonctionnel, tandis que le diméthylacrilate de triéthylène-glycol est un monomère polyfonctionnel. L'amorceur capable d'augmenter la vitesse de polymérisation par illumination peut être par exemple le méthyl-éther de benzoïne. L'emploi d'un amorceur peut permettre d'employer une source lumineuse en lumière visible.

Les additifs neutres qu'il est possible d'incorporer au liquide contenu dans le réservoir pour modifier sa densité peuvent être constitués par des particules de silice, d'alumine, d'oxyde de titane, de latex ou des particules de polymère.

Les milieux neutres que peut contenir la cuve doivent présenter des propriétés d'absorption aussi faible que possible des rayonnements provoquant la polymérisation photochimique, et ne pas trop diffuser ces rayonnements. Ces milieux peuvent être des solvants connus, non miscibles à la résine monomère et au sensibilisateur. Ils peuvent être avantageusement des alcools ou des mélanges d'alcools, dilués ou non dans l'eau. Ils peuvent être également des hydrocarbures ou des mélanges d'hydrocarbures.

En principe, la précision avec laquelle est réalisée le modèle n'est pas limitée par la nature spatiale et spectrale de l'éclairement, mais dépend essentiellement de la finesse de l'injecteur. Les injecteurs sont généralement à section circulaire, mais il peut être avantageux dans certains cas de réaliser des injecteurs à section rectangulaire.

Le dispositif selon l'invention illustré par la figure 3 ne diffère de celui illustré par la figure 1 que par les moyens de solidification de la résine monomère. Alors que, dans le dispositif illustré par la figure 1, la solidification s'effectue par voie photochimique, dans le dispositif visible sur la figure 3 la solidification s'effectue en mélangeant à la résine monomère un produit d'amorçage thermique de type connu en soi. Le réservoir 4 étant rempli d'une résine monomère, un mélangeur 33 est disposé sur la canalisation 5 à la sortie de la pompe 2. Ce mélangeur 33 est relié par une canalisation 34 à un réservoir auxiliaire 35 contenant le produit d'amorçage thermique. La polymérisation de la résine commence dès que le mélange avec le produit d'amorçage est réalisé. Il est généralement nécessaire de ralentir la vitesse de polymérisation pour que la solidification complète n'intervienne qu'après la sortie de l'injecteur. Un tel ralentissement peut être obtenu par exemple par des moyens de refroidissement (non représentés) disposés autour de la canalisation 5 et de l'injecteur 6.

La solidification s'effectue après que le mélange soit sorti de l'injecteur, dans la cuve 11 qui est remplie d'un liquide neutre du type cité plus haut.

Le produit d'amorçage thermique peut être avantageusement un péroxyde tel que le péroxyde de benzoyle mélangé à un agent d'activation tel que la N, N-diméthyl-p-toluidine ou d'autres amines tertiaires. Il est également possible d'utiliser comme produit d'amorçage thermique des acides sulfiniques, des couples péroxyde-mercaptan et des trialkyl boranes couplés à l'oxygène.

REVENDICATIONS

1/ Procédé pour réaliser un modèle de pièce industrielle, caractérisé en ce qu'il comporte

- un dépôt à travers un injecteur (6) d'un premier liquide dans une cuve (11) contenant un deuxième liquide (12),
- un déplacement de l'injecteur (6) pendant le dépôt suivant un balayage s'effectuant par plans horizontaux superposés à partir du fond (9) de la cuve (11)
- et une solidification du premier liquide après sa sortie de l'injecteur (6), le débit du premier liquide à travers l'injecteur étant synchronisé avec le déplacement de l'injecteur (6) pour que le premier liquide solidifié forme, à la fin du balayage, ledit modèle (36) de forme identique à celle de la pièce industrielle.

2/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la solidification est obtenue grâce à une illumination par un rayonnement optique.

3/ Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le deuxième liquide (12) est formé par une résine monomère, le premier liquide étant formé par un amorceur photochimique apte à provoquer la solidification par illumination.

4/ Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'amorceur est dilué dans un jeu de résine monomère.

5/ Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le deuxième liquide (12) est formé par un milieu neutre et le premier liquide est formé par un mélange d'une résine monomère et d'un amorceur apte à provoquer la solidification par illumination.

6/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la solidification est réalisée en mélangeant un produit d'amorçage thermique à une résine monomère pour former le premier liquide, le deuxième liquide (12) étant formé par un milieu neutre, le mélange ayant lieu avant le passage du premier liquide à travers l'injecteur (6) de manière que le premier liquide ne soit solidifié qu'après sa sortie de l'injecteur (6).

7/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier liquide comporte un additif pour que sa densité soit sensiblement égale à celle du deuxième liquide (12).

8/ Dispositif pour réaliser un modèle de pièce industrielle, caractérisé en ce qu'il comporte

- un système de mémoires (1) contenant des informations représentatives de la forme de la pièce industrielle divisée en une pluralité de volumes élémentaires,

- un circuit de traitement (3) relié au système de mémoires (1) et capable, à partir de ces informations, de délivrer successivement des signaux représentatifs de la position de ces volumes élémentaires rangés suivant un premier balayage du volume de la pièce,

- un réservoir (4) contenant un premier liquide

- une pompe électrique (2) dont l'entrée est reliée au réservoir (4) et dont la commande électrique est reliée au circuit de traitement (3), cette pompe (2) étant capable de délivrer à sa sortie des volumes du premier liquide représentatifs desdits volumes élémentaires lorsque le circuit de traitement (3) délivre lesdits signaux,

- un injecteur (6) relié à la sortie de la pompe (2) par une canalisation souple (5),

- une cuve (11) à fond horizontal (9) contenant un deuxième liquide (12),

- des moyens (14), reliés audit circuit de traitement (3), pour déplacer l'injecteur (6) dans la cuve (11) en réponse auxdits signaux, suivant un deuxième balayage identique au premier balayage et s'effectuant à partir du fond horizontal (9) de la cuve (11) par plans horizontaux superposés

- et des moyens (24 à 27) pour solidifier le premier liquide après sa sortie de l'injecteur (6), de façon à former sur le fond (9) de la cuve (11) successivement des volumes élémentaires solidifiés d'un modèle (36) ayant la même forme que la pièce industrielle.

9/ Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que lesdits moyens pour solidifier le premier liquide après sa sortie de l'injecteur comportent une pluralité de générateurs optiques (24 à 27) et des réflecteurs (28 à 31) pour diriger le rayonnement de ces générateurs optiques vers la cuve (11).

10/ Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'injecteur (6) comporte un écran (32) pour empêcher le rayonnement des générateurs optiques (24 à 27) d'illuminer la sortie immédiate de l'injec-

teur (6).

11/ Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que lesdits moyens pour solidifier le premier liquide après sa sortie de l'injecteur comportent un réservoir auxiliaire (35) d'un produit d'amorçage thermique relié à un organe mélangeur (33) disposé en série sur la canalisation (5) reliant la pompe (2) à l'injecteur (6).

12/ Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens pour maintenir la cuve (11) à une température prédéterminée.

FIG.1

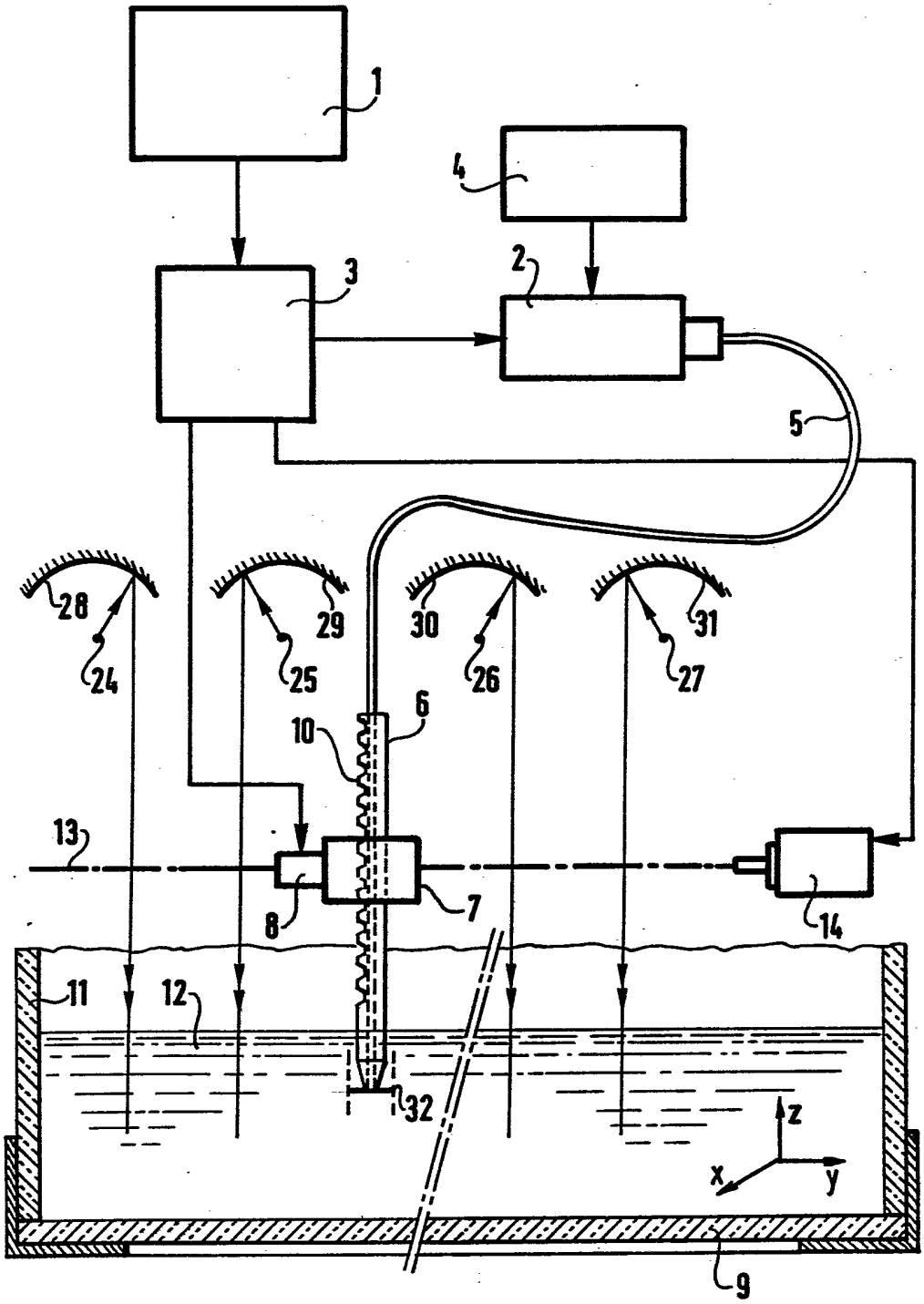


FIG.2

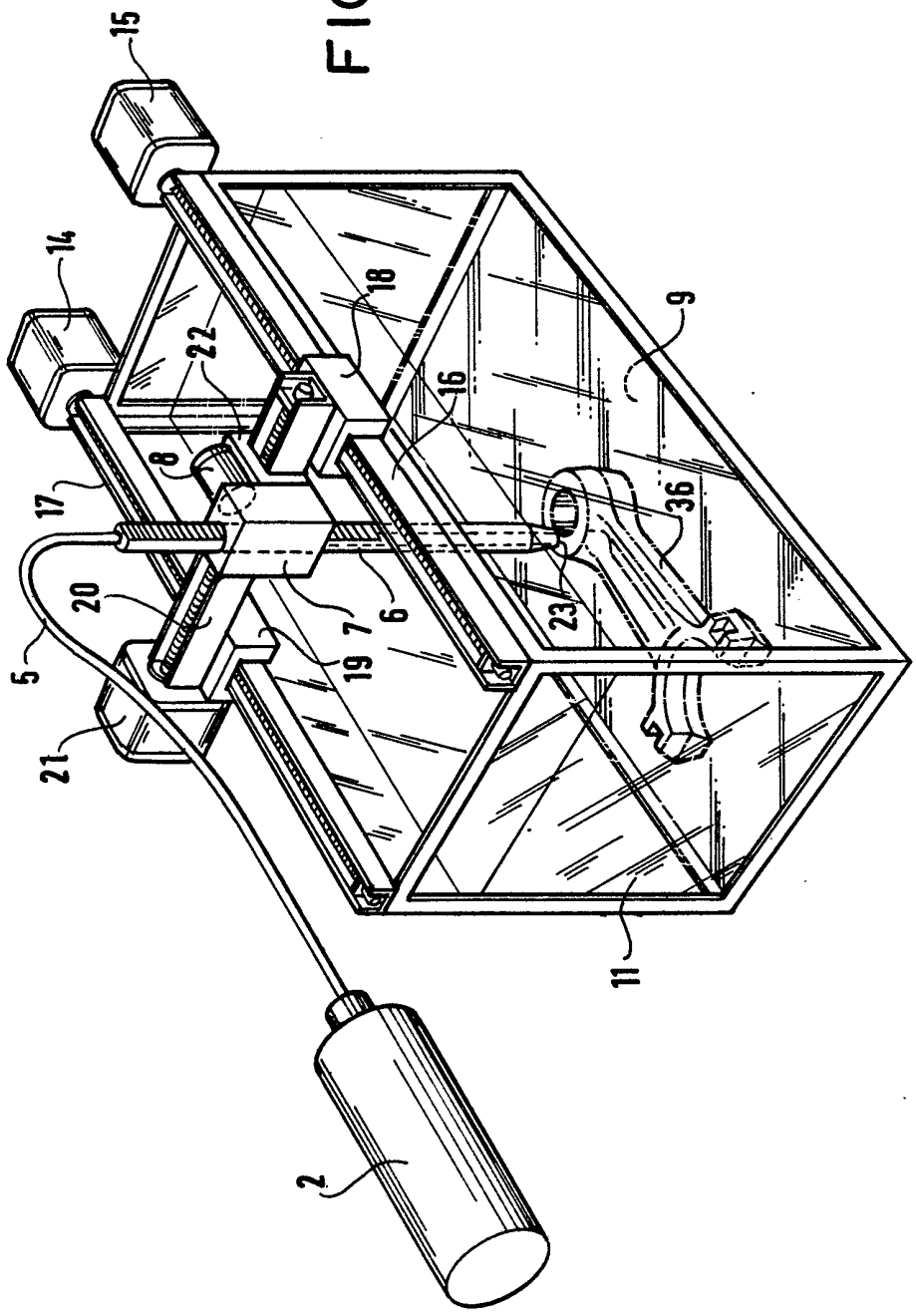


FIG.3

